

Sürdürülebilir Üretim Perspektifinden E-Lojistik: Dijital Entegrasyonun Çevresel ve Operasyonel Yansımaları

Mert Anıl Sarıcan¹

Özet

Dijital teknolojilerde yaşanan gelişmeler ile artan çevresel baskılar üretim ve tedarik zinciri sistemlerinin yönetiminde yeni yaklaşımların geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Üretim faaliyetlerinin sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda yeniden değerlendirilmesi, tedarik zinciri boyunca yürütülen lojistik süreçlerin daha etkin ve çevresel etkiler dikkate alınarak yönetilmesini gündeme getirmektedir. Bu bağlamda lojistik faaliyetlerin dijital altyapılar aracılığıyla planlanmasını ve yönetilmesini ifade eden e-lojistik uygulamaları üretim ve lojistik süreçleri arasında veri temelli bir koordinasyon oluşturabilmektedir. Literatürde e-lojistik araştırmalarının ağırlıklı olarak operasyonel performans ve tedarik zinciri etkinliği üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Buna karşılık e-lojistik yetenekleri ile sürdürülebilir üretim performansı arasındaki ilişkinin kuramsal açıdan bütüncül biçimde ele alındığı çalışmalar sınırlı kalmaktadır. Bu çalışma e-lojistik uygulamalarını sürdürülebilir üretim perspektifinden ele almakta ve dijital lojistik entegrasyonunun üretim sistemleri üzerindeki rolünü kuramsal olarak değerlendirmektedir. Yapılan değerlendirmeler e-lojistik uygulamalarının bilgi görünürlüğünü artırarak üretim planlamasını desteklediğini, kaynak kullanımının daha etkin yönetilmesine katkı sağladığını ve üretim sistemlerinin çevikliğini güçlendirebildiğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışma e-lojistik ile sürdürülebilir üretim araştırmalarını ortak bir çerçevede ele alarak dijital lojistik entegrasyonunun sürdürülebilir üretim performansı üzerindeki rolüne ilişkin kavramsal bir katkı sunmaktadır.

1 Öğretim Görevlisi Doktor, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Lojistik Bölümü, mertanil.sarican@yeniyuzyil.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3696-6574

1. Giriş

Küresel ölçekte artan enerji tüketimi, yükselen karbon emisyonları ve doğal kaynakların hızla azalması sürdürülebilir üretim sistemlerinin yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Sürdürülebilir üretim faaliyetleri fabrikalarda gerçekleşen operasyonlarla sınırlı olmayıp tedarik, dağıtım ve lojistik süreçlerini de içeren geniş bir değer zincirinin parçası olarak işlev görmektedir. Bu nedenle üretim sistemlerinin çevresel performansı, üretim süreçleri ve tedarik zinciri boyunca yürütülen lojistik faaliyetlerle yakından ilişkilidir. Özellikle taşıma, depolama ve dağıtım faaliyetleri enerji tüketimi ve emisyon üretimi bakımından tedarik zincirinin en yoğun süreçleri arasında yer almaktadır. Bu durum sürdürülebilir üretim hedeflerinin gerçekleştirilmesinde lojistik süreçlerin etkin ve çevresel etkileri dikkate alınarak yönetilmesini önemli bir gereklilik hâline getirmektedir.

Son yıllarda dijital teknolojilerde yaşanan gelişmeler üretim ve lojistik sistemlerinin yapısında önemli dönüşümler yaratmıştır. Endüstri 4.0 kapsamında gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri, veri temelli karar mekanizmaları ve dijital platformlar tedarik zinciri süreçlerinde daha yüksek düzeyde entegrasyon ve görünürlük sağlamaktadır (Lasi vd., 2014: 239; Stock ve Seliger, 2016: 537; Ivanov vd., 2016: 387). Dijital dönüşümün lojistik yönetimindeki yansımalarından biri de e-lojistik kavramının ortaya çıkmasıdır. E-lojistik, lojistik faaliyetlerin bilgi teknolojileri ve dijital platformlar aracılığıyla planlanması ve yönetilmesini ifade etmektedir. Lojistik faaliyetlerde; Sipariş yönetimi, depo operasyonları, taşıma planlama ve envanter kontrolü gibi süreçlerin dijital sistemler üzerinden yürütülmesi operasyonel verimliliği artırabilmektedir (Marchet vd., 2009; Gunasekaran vd., 2017; Queiroz vd., 2022). Bunun yanında rota optimizasyonu, gerçek zamanlı veri yönetimi ve gelişmiş planlama araçları lojistik faaliyetlerin çevresel etkilerinin azaltılmasına da katkıda bulunabilmektedir (Evangelista, 2014: 63-65; Wichaisri ve Sopadang, 2018: 1-3).

Akademik literatür incelendiğinde e-lojistik araştırmalarının ağırlıklı olarak operasyonel verimlilik, hizmet kalitesi ve tedarik zinciri performansı üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Cho vd., 2008; Marchet vd., 2009; Nguyen, 2013; Gunasekaran vd., 2017). Sürdürülebilir üretim araştırmaları ise çevresel performans ve emisyon azaltımı konularını ön plana çıkarmaktadır (Srivastava, 2007; Wichaisri ve Sopadang, 2013; McKinnon, 2015; Grzybowska vd., 2019). Bununla birlikte e-lojistik yetenekleri ile sürdürülebilir üretim performansı arasındaki ilişkinin kuramsal bir çerçevede bütüncül biçimde ele alındığı çalışmalar oldukça sınırlı kalmaktadır.

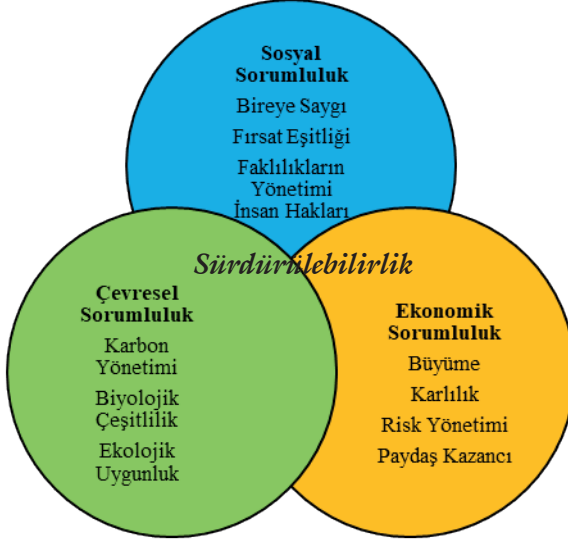
Bu çalışma, literatürde sınırlı biçimde ele alınan e-lojistik ile sürdürülebilir üretim performansı arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Çalışma özellikle e-lojistik yeteneklerinin sürdürülebilir üretim performansını hangi teorik mekanizmalar aracılığıyla etkilediğini ve bu etkinin farklı bağlamsal koşullar altında nasıl değiştiğini açıklamayı amaçlamaktadır. Çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde sürdürülebilirlik, sürdürülebilir üretim, sürdürülebilir lojistik ve e-lojistik kavramlarına ilişkin kuramsal çerçeve ele alınmaktadır. Üçüncü bölümde e-lojistik uygulamalarının sürdürülebilir üretim üzerindeki etkileri operasyonel verimlilik, çevresel performans ve üretim çevikliği boyutları çerçevesinde incelenmektedir. Dördüncü bölümde elde edilen kuramsal değerlendirmeler tartışılmakta ve yönetsel çıkarımlar sunulmaktadır. Son bölümde ise genel değerlendirmeler yapılarak sonuçlar ve gelecekteki araştırmalara yönelik öneriler ele alınmaktadır.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Üretim Kavramı

Sürdürülebilirlik kavramı, ekonomik kalkınmanın çevresel ve toplumsal boyutlar dikkate alınarak gerçekleştirilmesini ifade eden bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Kavram ilk kez Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayımlanan Brundtland Raporu'nda, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan mevcut kuşakların ihtiyaçlarının karşılanması olarak açıklanmıştır (WCED, 1987). Bu yaklaşım ekonomik büyüme ile çevresel koruma ve toplumsal refah arasındaki dengenin sağlanmasını amaçlayan bütüncül bir kalkınma anlayışına dayanmaktadır.

Sanayi faaliyetlerinin çevresel ve toplumsal etkilerine ilişkin farkındalığın artmasıyla birlikte sürdürülebilirlik kavramı işletme ve üretim sistemleri bağlamında da giderek daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Uzun yıllar boyunca işletme faaliyetleri ağırlıklı olarak maliyet minimizasyonu ve operasyonel verimlilik gibi ekonomik performans göstergeleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Ancak doğal kaynakların sınırlı yapısı, iklim değişikliğine ilişkin küresel kaygılar ve çevresel düzenlemelerin yaygınlaşması işletme faaliyetlerinin daha geniş bir perspektiften ele alınmasını gerekli hâle getirmiştir (Sarkis, 2001: 668-669; Seuring ve Müller, 2008: 1700-1702). Elkington (1997) tarafından geliştirilen Üçlü Kar Hanesi (Triple Bottom Line-TBL) yaklaşım işletme performansının finansal göstergeler, çevresel ve toplumsal etkiler dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Üçlü kar hanesi yaklaşımının temel boyutları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Üçlü Kar Hanesi Yaklaşımı

Kaynak: Elkington, 1997

Şekil 1’de görüldüğü üzere üçlü kar hanesi yaklaşımı ekonomik, çevresel ve toplumsal boyutların birlikte ele alınmasını gerektiren bütüncül bir yönetim anlayışına dayanmaktadır. İşletmelerin sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesinde bu üç boyutun dengeli biçimde ele alınması önem taşımaktadır. Bu yaklaşım ekonomik çıktıları odaklanan geleneksel işletme anlayışının ötesine geçerek işletme faaliyetlerinin çevresel ve toplumsal etkilerinin de değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Sürdürülebilirlik yaklaşımının üretim sistemlerine yansımaları sürdürülebilir üretim kavramı ile açıklanmaktadır. Sürdürülebilir üretim, üretim süreçlerinin ekonomik verimliliği korurken çevresel etkilerin azaltılmasını ve toplumsal sorumlulukların dikkate alınmasını amaçlayan bir üretim yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (Jayal vd., 2010: 144-145). Bu yaklaşım üretim faaliyetlerinin planlanması ve yürütülmesi sırasında enerji ve hammadde kullanımının azaltılması, atık oluşumunun sınırlandırılması ve çevresel etkilerin azaltılması gibi hedefleri ön plana çıkarmaktadır (Grzybowska vd., 2019: 1-3).

Sürdürülebilir üretim yaklaşımı üretim faaliyetlerinin çevresel etkilerinin azaltılmasının yanı sıra çalışan sağlığı ve güvenliği ve paydaşlara yönelik sorumlulukların üretim süreçlerine entegre edilmesini de içermektedir (Kleindorfer vd., 2005: 482-484). Bu nedenle sürdürülebilir üretim

sistemleri ekonomik performans, çevresel sorumluluk ve sosyal refah arasında dengeli bir ilişki kurmayı amaçlayan bütüncül bir üretim yaklaşımı olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda Huang (2017) tarafından önerilen sürdürülebilir üretim performans göstergeleri Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Sürdürülebilir Üretim Performans Göstergeleri

Alt Boyutlar	Kümeler	Alt Kümeler
Ekonomik	İlk Yatırım	İlk Yatırım Maliyetleri Yüzdesi
	Direkt/Endirekt Maliyetler	Direkt Maliyetler
		Endirekt Maliyetler
	Faydalar ve Kayıplar	Faydalar
Kayıplar		
Çevresel	Malzeme Kullanımı ve Verimliliği	Malzeme Kullanımı
		Materyal Kullanımı
	Enerji Kullanımı ve Verimliliği	Enerji kullanımı
		Enerji Verimliliği
	Diğer Kaynakların Kullanımı	Su İçeriği
		Su Verimliliği
	Atıklar ve Emisyonlar	Atıklar
		Emisyonlar
Ürün Kullanım Ömrü	Ürün Kullanım Ömrü İçin Tasarlanmış Ürün Yüzdesi	
Toplumsal	Ürün Kalitesi ve Dayanıklılığı	Ürün Kalitesi
		Ürün Dayanıklılığı
	Fonksiyonellik	Ürün Fonksiyonelliği Yüzdesi
	Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi	Geri Kazanılan Ürün Yaşam Döngüsü Yüzdesi
	Ürün Güvenliği ve Sağlığı	Ürün Güvenliği
		Ürün Sağlığı
Ürünün Toplumsal Etki Düzenlemeleri	Müşteri Zararları	
	Müşteri Zararlarının Yüzdesi	

Kaynak: Huang, 2017: 130-131

Tablo 1’de görüldüğü üzere üretim sistemlerinin sürdürülebilirliği üretim süreçleri ile sınırlı bir alan değildir. Hammadde temininden nihai ürünün müşteriye ulaştırılmasına kadar uzanan tedarik zinciri faaliyetleri üretim sistemlerinin toplam çevresel performansı üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir üretim yaklaşımı giderek daha fazla

tedarik zinciri yönetimi ve lojistik faaliyetler ile birlikte ele alınmaktadır (Carter ve Rogers, 2008: 365-368; Seuring ve Müller, 2008: 1701-1703).

2.2. Sürdürülebilir Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi

Üretim ve tüketim faaliyetlerinin küresel ölçekte genişlemesi tedarik zinciri süreçlerinin çevresel sonuçlarının daha fazla tartışılmasına neden olmuştur. Lojistik faaliyetler enerji kullanımı ve emisyon üretimi nedeniyle sürdürülebilirlik tartışmalarının önemli bir parçası hâline gelmiştir. Taşımacılık, depolama ve dağıtım faaliyetleri lojistik süreçlerin çevresel etkilerinin en yoğun biçimde ortaya çıktığı alanlar arasında yer almaktadır. Fosil yakıt kullanımına dayalı taşımacılık sistemleri karbon emisyonlarının önemli kaynaklarından biri olarak değerlendirilmektedir. Depolama faaliyetlerinde kullanılan enerji miktarı, ambalaj kullanımı ve dağıtım süreçlerinde ortaya çıkan emisyonlar tedarik zinciri faaliyetlerinin çevresel yükünü artıran unsurlar arasında gösterilmektedir (McKinnon, 2015: 26-29). Bu gelişmeler sürdürülebilir lojistik yaklaşımının akademik literatürde daha fazla önem kazanmasına yol açmıştır. Sürdürülebilir lojistik yaklaşımı lojistik faaliyetlerin ekonomik performansın yanı sıra çevresel sorumluluk ve sosyal etkiler dikkate alınarak yönetilmesini ifade etmektedir (Evangelista, 2014: 63-64). Kaynak kullanımının optimize edilmesi, enerji tüketiminin azaltılması ve operasyonların çevresel etkilerinin sınırlandırılması sürdürülebilir lojistik uygulamalarının temel amaçları arasında yer almaktadır.

Sürdürülebilir lojistik uygulamaları çevresel etkilerin azaltılmasının yanında işletmelerin operasyonel performansının geliştirilmesine de katkı sağlayabilmektedir. Taşıma planlaması, rota optimizasyonu ve depo yönetimi gibi faaliyetlerin sistemli biçimde yürütülmesi maliyetlerin düşürülmesine ve operasyonların daha verimli yönetilmesine yardımcı olmaktadır (Derse, 2022: 19-21). Benzer biçimde planlama ve koordinasyonun iyileştirilmesi enerji kullanımı ile emisyonların azaltılması açısından da önemli fırsatlar sunmaktadır (Evangelista, 2014: 64-65; McKinnon, 2015: 34-38). Bu nedenle sürdürülebilir lojistik yaklaşımı üretim ve tedarik zinciri yönetimi literatüründe giderek daha fazla ilgi gören araştırma alanlarından biri hâline gelmiştir (Wichaisri ve Sopadang, 2018: 3-4).

2.3. Dijitalleşme ve Lojistik Sistemler

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler üretim ve tedarik zinciri sistemlerinin yapısında önemli değişimler yaratmıştır. Dijital dönüşüm olarak adlandırılan bu süreç işletmelerin operasyonel faaliyetlerini veri temelli yönetim anlayışı doğrultusunda yeniden düzenlemelerine imkân tanımaktadır. Endüstri 4.0 kapsamında ortaya çıkan nesnelerin interneti, büyük veri analitiği, bulut bilişim ve siber-fiziksel sistemler üretim ve tedarik zinciri süreçlerinde daha

yüksek düzeyde entegrasyon ile bilgi görünürlüğü sağlamaktadır (Lasi vd., 2014: 240-241; Stock ve Seliger, 2016: 536-538). Böyle bir teknolojik altyapı üretim ve lojistik faaliyetlerinin planlanması, izlenmesi ve koordinasyonunun daha etkin biçimde yürütülmesini mümkün kılmaktadır (Waller ve Fawcett, 2013: 78-80).

Veri temelli yönetim anlayışının tedarik zinciri süreçlerinde yaygınlaşması lojistik faaliyetlerin planlanma biçiminde de önemli değişimler yaratmıştır. Sensör teknolojileri, nesnelerin interneti ve büyük veri analitiği gibi uygulamalar operasyonların daha yakından izlenmesine olanak tanımaktadır. Tedarik zinciri boyunca gerçekleşen faaliyetlerin gerçek zamanlı olarak takip edilebilmesi operasyonel görünürlüğü artırmakta ve karar süreçlerinin daha hızlı gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Ivanov vd., 2016: 386-388).

Tedarik zinciri aktörleri arasında kurulan dijital veri ağları üreticiler, tedarikçiler ve lojistik hizmet sağlayıcılar arasındaki koordinasyonu güçlendirmektedir. Sipariş yönetimi, envanter kontrolü ve taşıma planlama gibi süreçlerin dijital sistemler aracılığıyla yürütülmesi faaliyetlerin daha entegre biçimde yönetilmesine olanak tanımaktadır. Böyle bir yapı lojistik planlamada daha esnek ve dinamik yaklaşımların uygulanmasını mümkün hâle getirmektedir (Wamba vd., 2017: 356-358).

Dijital teknolojiler lojistik süreçlerin çevresel etkilerinin azaltılması açısından da önemli fırsatlar sunmaktadır. Rota optimizasyonu uygulamaları taşıma faaliyetlerinin daha verimli planlanmasını sağlayarak yakıt tüketiminin azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir. Depo yönetim sistemleri depo operasyonlarında enerji kullanımının daha etkin biçimde planlanmasına yardımcı olmaktadır. Kaynak kullanımının dikkatli yönetilmesi sürdürülebilir lojistik uygulamalarının geliştirilmesini desteklemektedir (Tekin, 2014: 66-69).

Bilgi teknolojilerinin lojistik süreçlerde yaygınlaşması tedarik zinciri faaliyetlerinin daha entegre ve görünür biçimde yönetilmesini mümkün hâle getirmiştir (Topal, 2013: 1-2). Dijital platformlar aracılığıyla yürütülen planlama ve izleme faaliyetleri operasyonel koordinasyonu güçlendirmekte ve tedarik zinciri aktörleri arasındaki bilgi akışını hızlandırmaktadır. Böyle bir dönüşüm lojistik faaliyetlerin dijital altyapılar aracılığıyla yürütülmesini ifade eden e-lojistik uygulamalarının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (Gunasekaran vd., 2017: 16-18). Bu nedenle dijitalleşme süreci e-lojistik kavramının gelişimini açıklayan temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

2.4. E-Lojistik Kavramı

Lojistik faaliyetlerin dijital altyapılar aracılığıyla yönetilmesi son yıllarda tedarik zinciri yönetiminde önemli bir dönüşüm yaratmıştır. E-lojistik kavramı

lojistik süreçlerin bilgi ve iletişim teknolojileri aracılığıyla planlanmasını ve koordine edilmesini ifade etmektedir. Dijital platformlar üzerinden gerçekleştirilen veri paylaşımı tedarik zinciri süreçlerinde daha yüksek düzeyde entegrasyon ve görünürlük sağlamaktadır (Marchet vd., 2009: 785-788).

Geleneksel lojistik faaliyetlerine ilişkin verilerin dijital sistemler aracılığıyla yönetilmesi, operasyonel süreçlerin daha etkin biçimde planlanmasını mümkün hâle getirmektedir. Sipariş yönetimi, envanter kontrolü, depo operasyonları ve taşıma planlama gibi faaliyetler dijital bilgi sistemleri aracılığıyla yürütülebilmektedir. Gerçek zamanlı veri izleme uygulamaları lojistik faaliyetlerin planlanmasında daha doğru kararların alınmasına olanak tanımakta ve operasyonel belirsizliklerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Gunasekaran vd., 2017: 16-18). Geleneksel lojistik uygulamaları ile e-lojistik yaklaşımı arasındaki temel farklılıklar Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2. Geleneksel Lojistik ile E-Lojistik Karşılaştırılması

Karşılaştırma Boyutu	Geleneksel Lojistik	E-Lojistik
Sipariş işleme	Manuel Süreçler	Elektronik sipariş sistemleri
Bilgi akışı	Sınırlı veri Paylaşımı	Gerçek zamanlı veri paylaşımı
Stok yönetimi	Periyodik kontrol	Dijital ve anlık stok takibi
Talep yönetimi	Tahmine dayalı planlama	Veri temelli talep tahmini
Süreç entegrasyonu	Düşük entegrasyon	Sistemler arası entegrasyon
Teslimat süresi	Daha uzun sürede teslimat	Daha kısa sürede teslimat
Görünürlük	Sınırlı	Yüksek

Kaynak: Bayles ve Bhatia, 2000: 3

Tablo 2 incelendiğinde geleneksel lojistik ile e-lojistik yaklaşımı arasındaki farkların özellikle bilgi akışı, süreç entegrasyonu ve operasyonel görünürlük alanlarında belirginleştiği görülmektedir. Geleneksel lojistik sistemlerinde bilgi paylaşımı çoğu zaman sınırlı ve manuel süreçlere dayanırken e-lojistik uygulamalarında dijital platformlar aracılığıyla gerçek zamanlı veri paylaşımı mümkün hâle gelmektedir. Gerçek zamanlı veri akışı lojistik faaliyetlerin planlanmasında daha hızlı ve daha doğru kararların alınmasını kolaylaştırmakta ve tedarik zinciri süreçlerinde koordinasyonun güçlenmesine katkı sağlamaktadır (Bayles ve Bhatia, 2000: 3).

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler lojistik faaliyetlerin dijital platformlar üzerinden yürütülmesini mümkün kılarak e-lojistik sistemlerinin kapsamını genişletmiştir. Elektronik veri değişimi, depo yönetim sistemleri

ve taşıma yönetim sistemleri lojistik faaliyetlerin dijital altyapı üzerinden yönetilmesini sağlayan temel teknolojiler arasında yer almaktadır. Bunun yanında nesnelerin interneti, büyük veri analitiği ve bulut bilişim uygulamaları lojistik süreçlerde veri akışının hızlanmasına ve operasyonel planlama süreçlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Queiroz vd., 2022: 1160-1162).

Dijital platformlar üzerinden gerçekleştirilen veri paylaşımı taşıma planlaması, rota optimizasyonu ve envanter yönetimi gibi lojistik faaliyetlerin daha etkin biçimde yürütülmesine imkân tanımaktadır. Lojistik süreçlerin daha esnek ve hızlı biçimde yönetilebilmesi operasyonel maliyetlerin azaltılmasına ve hizmet seviyesinin geliştirilmesine katkı sağlayabilmektedir (Karagöz, 2012: 57). Dijital teknolojilerin lojistik süreçlere entegrasyonu sürdürülebilir lojistik uygulamalarının gelişimini de desteklemektedir. Rota optimizasyonu uygulamaları taşıma faaliyetlerinde yakıt tüketiminin azaltılmasına yardımcı olurken depo yönetim sistemleri depo operasyonlarında enerji kullanımının daha verimli planlanmasına olanak tanımaktadır. Veri temelli planlama yaklaşımları kaynak kullanımının daha dengeli yönetilmesine katkı sağlayarak lojistik faaliyetlerin çevresel etkilerinin azaltılmasına yardımcı olabilmektedir (Wichaisri ve Sopadang, 2018: 12). Tedarik zinciri yönetiminde dijitalleşmenin yaygınlaşması e-lojistik uygulamalarının önemini artırmakta; dijital bilgi sistemleri aracılığıyla yürütülen lojistik faaliyetler operasyonel süreçlerin daha etkin biçimde planlanmasını mümkün kılmakta ve tedarik zinciri aktörleri arasındaki koordinasyonun güçlenmesine katkı sağlamaktadır (Nguyen, 2013: 306).

2.5. Sürdürülebilir Üretim ve E-Lojistik Entegrasyonu

Üretim sistemlerinin sürdürülebilirliği tedarik zinciri boyunca gerçekleşen faaliyetlerin bütüncül biçimde yönetilmesini gerektirmektedir. Hammadde temini, üretim süreçleri, depolama faaliyetleri ve dağıtım operasyonları üretim sistemlerinin toplam çevresel performansını doğrudan etkilemektedir. Özellikle lojistik faaliyetler enerji tüketimi ve emisyon üretimi açısından üretim sistemlerinin çevresel etkisini belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir üretim hedeflerine ulaşılabilmesi lojistik süreçlerin verimlilik ve çevresel etkiler dikkate alınarak yönetilmesini gerekli kılmaktadır (Evangelista, 2014: 68-69; McKinnon, 2015: 34-38).

Dijital teknolojilerin tedarik zinciri süreçlerine entegrasyonu lojistik faaliyetlerin planlanması ve yönetiminde yeni olanaklar ortaya çıkarmaktadır (Shashi vd., 2020: 1218-1220). Veri temelli yönetim yaklaşımları operasyonel görünürlüğü artırmakta ve tedarik zinciri aktörleri arasındaki koordinasyonu güçlendirmektedir. Gerçek zamanlı veri paylaşımı sayesinde sipariş yönetimi,

envanter kontrolü ve taşıma planlama süreçleri daha sistemli biçimde yürütülebilmektedir (Ivanov vd., 2016: 387-389; Wamba vd., 2017: 357-359).

Söz konusu dijital dönüşüm lojistik faaliyetlerin dijital platformlar aracılığıyla yürütülmesini ifade eden e-lojistik uygulamalarının yaygınlaşmasına zemin hazırlamıştır. Dijital lojistik sistemleri aracılığıyla elde edilen veriler operasyonel planlamayı kolaylaştırmakta ve üretim planlama faaliyetleri ile lojistik operasyonlar arasındaki uyumu güçlendirmektedir. Böyle bir entegrasyon planlama doğruluğunu artırmakta, kaynak kullanımının daha etkin biçimde yönetilmesine imkân tanımakta ve üretim sistemlerinin çevresel ile operasyonel performansının geliştirilmesini desteklemektedir. Bu çerçevede e-lojistik uygulamaları üretim ve lojistik süreçleri arasında veri temelli entegrasyonun sürdürülebilir üretim performansı üzerindeki rolünü açıklayan önemli bir dijital altyapı olarak değerlendirilmektedir.

3. E-Lojistiğin Sürdürülebilir Üretim Üzerindeki Etkileri

Dijital teknolojilerin lojistik süreçlerde daha yaygın kullanılmaya başlaması üretim ve lojistik faaliyetleri arasındaki ilişkiyi de önemli ölçüde değiştirmektedir. E-lojistik uygulamaları sayesinde tedarik zinciri boyunca bilgi akışı hızlanmakta ve üretim ile lojistik süreçleri arasındaki koordinasyon daha güçlü hâle gelmektedir. Dijital veri paylaşımı üretim planlarının daha doğru hazırlanmasına, kaynakların daha verimli kullanılmasına ve operasyonel süreçlerin daha esnek biçimde yönetilmesine yardımcı olabilmektedir (Ivanov vd., 2016: 387; Gunasekaran vd., 2017: 17-19; Wamba vd., 2017: 362-364). Bu nedenle e-lojistik uygulamaları üretim sistemlerinin işleyişini farklı yönlerden etkileyebilmektedir. Bu bölümde söz konusu etkiler operasyonel verimlilik, çevresel performans ve üretim çevikliği başlıkları altında incelenmektedir.

3.1. Operasyonel Verimlilik ve Üretim Performansı

Küresel ölçekte rekabetin giderek yoğunlaşması işletmeleri üretim süreçlerini daha etkin ve verimli biçimde yönetmeye zorlamaktadır. Artan rekabet baskısı üretim planlarının daha doğru hazırlanmasını, kaynakların daha dikkatli kullanılmasını ve üretim ile lojistik faaliyetleri arasındaki uyumun güçlendirilmesini gerekli hâle getirmektedir. Ancak tedarik zinciri süreçlerinde yaşanan bilgi gecikmeleri ve koordinasyon sorunları üretim sistemlerinde planlama hatalarına ve verimlilik kayıplarına yol açabilmektedir. Dijital teknolojilerin lojistik süreçlere entegrasyonu üretim ve lojistik faaliyetleri arasındaki bilgi akışını güçlendirerek bu tür sorunların azaltılmasına yardımcı olabilmektedir (Marujo vd., 2023: 4-5). Bu çerçevede e-lojistik uygulamalarının üretim sistemlerinde operasyonel verimlilik ve üretim performansı ile ilişkili başlıca etkileri aşağıda özetlenmektedir.

- *Üretim ve lojistik süreçleri arasındaki koordinasyonun geliştirilmesi:* Dijital teknolojilerin lojistik faaliyetlere entegrasyonu üretim ve lojistik süreçleri arasındaki bilgi akışını hızlandırmakta ve tedarik zinciri aktörleri arasındaki koordinasyonu güçlendirmektedir. Sipariş bilgileri, envanter seviyeleri ve taşıma planlarının dijital sistemler üzerinden paylaşılması üretim planlama süreçlerinin daha uyumlu biçimde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede planlama hataları ve bilgi gecikmeleri azaltılmakta, üretim faaliyetleri ile lojistik operasyonlar arasında daha yüksek düzeyde bir senkronizasyon sağlanabilmektedir (Ivanov vd., 2016: 387-389; Wamba vd., 2017: 362-364).
- *Planlama doğruluğunun ve karar alma süreçlerinin iyileştirilmesi:* Gerçek zamanlı veri akışı üretim planlaması süreçlerinde daha doğru ve zamanında kararların alınmasına katkı sağlamaktadır. Lojistik faaliyetlere ilişkin verilerin dijital platformlar aracılığıyla izlenebilmesi üretim planlarının daha sağlıklı biçimde oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Özellikle envanter hareketlerinin gerçek zamanlı olarak takip edilmesi üretim ve dağıtım süreçleri arasındaki operasyonel uyumu güçlendirmekte ve süreçlerde ortaya çıkabilecek aksaklıkların azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Gunasekaran vd., 2017: 27-29).
- *Kaynak kullanımının ve stok yönetiminin iyileştirilmesi:* Dijital veri analitiği ve planlama araçlarının kullanılması üretim sistemlerinde talep tahminlerinin daha doğru biçimde yapılmasına olanak tanımaktadır. Talep ve envanter verilerinin dijital platformlar üzerinden paylaşılması stok yönetiminin daha etkin biçimde yürütülmesine katkı sağlamakta, aşırı stok oluşumunun azaltılmasına ve üretim kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yardımcı olmaktadır. Bu durum üretim sistemlerinde maliyetlerin düşürülmesi ve kaynak kullanımının optimize edilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır (Türkmen ve Sarıcan, 2016: 293).
- *Üretim sistemlerinde esneklik ve operasyonel çevikliğin geliştirilmesi:* E-lojistik uygulamaları tedarik zinciri boyunca kurulan dijital veri ağları sayesinde üretim sistemlerinin değişen talep koşullarına daha hızlı uyum sağlayabilmesine olanak tanımaktadır. Dijital veri paylaşımı üretim ve dağıtım süreçlerinde daha hızlı karar alınmasını desteklemekte, üretim sistemlerinin esnekliğini artırmakta ve operasyonel çevikliğin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Queiroz vd., 2022: 1161).

Genel bir değerlendirme yapıldığında e-lojistik uygulamalarının üretim ve lojistik süreçleri arasındaki bilgi akışını güçlendirerek üretim planlama faaliyetlerinin daha etkin biçimde yürütülmesine katkı sağladığı görülmektedir.

Dijital veri paylaşımının artması üretim planlarının lojistik faaliyetlerle daha uyumlu biçimde yürütülmesine olanak tanımakta ve üretim sistemlerinde operasyonel verimliliğin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

3.2. Çevresel Performans ve Kaynak Verimliliği

Çevresel sorunların giderek daha görünür hâle gelmesi üretim faaliyetlerinin çevresel etkilerinin daha dikkatli biçimde ele alınmasını gerekli kılmıştır. Enerji tüketimi, hammadde kullanımı ve lojistik faaliyetler üretim sistemlerinin çevresel performansını doğrudan etkileyen başlıca unsurlar arasında yer almaktadır. Özellikle taşıma, depolama ve dağıtım gibi lojistik faaliyetler enerji kullanımı ve karbon emisyonları açısından önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle lojistik süreçlerin daha etkin planlanması ve kaynak kullanımının daha verimli yönetilmesi sürdürülebilir üretim hedefleri açısından önem taşımaktadır (Grant vd., 2017: 158-160). Dijital teknolojilerin lojistik süreçlere entegrasyonu ise veri temelli planlama ve izleme imkânları sunarak bu faaliyetlerin çevresel etkilerinin daha etkin biçimde yönetilmesine yardımcı olabilmektedir (McKinnon, 2015: 27-29; Kumar, 2022: 142-143). Bu çerçevede e-lojistik uygulamalarının üretim sistemlerinde çevresel performans ve kaynak verimliliği üzerindeki başlıca etkileri aşağıda özetlenmektedir.

- *Taşıma faaliyetlerinde enerji tüketimi ve emisyonların azaltılması:* Tedarik zinciri süreçlerinde gerçekleştirilen taşıma, depolama ve dağıtım faaliyetleri enerji tüketimi ve karbon emisyonları açısından önemli bir çevresel etkiye sahiptir. Dijital teknolojilerin lojistik faaliyetlere entegrasyonu taşıma planlarının veri temelli yaklaşımlar aracılığıyla daha etkin biçimde oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Dijital platformlar üzerinden yürütülen rota optimizasyonu uygulamaları daha kısa ve verimli taşıma rotalarının belirlenmesini sağlayarak yakıt tüketiminin azaltılmasına ve karbon emisyonlarının düşürülmesine katkı sağlayabilmektedir (Evangelista, 2014: 68-70).
- *Depolama faaliyetlerinde enerji kullanımının optimize edilmesi:* Depo yönetim sistemleri ve dijital lojistik platformları depo operasyonlarının daha etkin biçimde planlanmasına yardımcı olmaktadır. Envanter hareketlerinin dijital sistemler aracılığıyla izlenebilmesi depo içi süreçlerin daha verimli biçimde yürütülmesini desteklemekte ve depo operasyonlarında kullanılan enerji kaynaklarının daha etkin biçimde yönetilmesine olanak tanımaktadır. Bu durum lojistik faaliyetlerin çevresel etkilerinin sınırlandırılmasına katkı sağlayabilmektedir. (Wichaisri ve Sopadang, 2013: 1018).

- *Kaynak kullanımının veri temelli planlama ile iyileştirilmesi:* Lojistik süreçlerde veri görünürlüğünün artması tedarik zinciri boyunca gerçekleştirilen faaliyetlerin daha etkin biçimde yönetilmesine olanak tanımaktadır. Talep ve envanter verilerinin dijital platformlar aracılığıyla paylaşılması üretim planlarının daha doğru biçimde oluşturulmasını desteklemekte ve üretim sistemlerinde aşırı stok oluşumunun azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Böylece üretim ve lojistik faaliyetlerinde kullanılan kaynakların daha verimli biçimde değerlendirilmesi mümkün hâle gelmektedir (Wichaisri ve Sopadang, 2018: 2).
- *Çevresel performansın bütüncül biçimde geliştirilmesi:* Kaynak kullanımının daha etkin biçimde yönetilmesi üretim sistemlerinin çevresel performansının geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Enerji tüketiminin azaltılması, taşıma faaliyetlerinde yakıt kullanımının optimize edilmesi ve lojistik operasyonlarda ortaya çıkan emisyonların sınırlandırılması sürdürülebilir üretim hedeflerinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır (Brandenburg vd., 2014: 305-308). Dijital lojistik sistemleri aracılığıyla yürütülen veri temelli planlama uygulamaları üretim ve lojistik süreçlerinde çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında e-lojistik uygulamalarının lojistik faaliyetlerin çevresel etkilerinin daha etkin biçimde yönetilmesine katkı sağladığı görülmektedir. Dijital teknolojiler aracılığıyla gerçekleştirilen veri temelli planlama uygulamaları taşıma ve depolama faaliyetlerinde enerji kullanımının daha verimli yönetilmesine olanak tanımakta ve karbon emisyonlarının azaltılmasını desteklemektedir. Tedarik zinciri boyunca veri görünürlüğünün artması kaynak kullanımının daha etkin biçimde planlanmasına yardımcı olmakta ve üretim sistemlerinde aşırı stok oluşumunun azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu çerçevede e-lojistik uygulamaları sürdürülebilir üretim sistemlerinde çevresel performansın geliştirilmesi ve kaynak verimliliğinin artırılması açısından önemli bir araç olarak değerlendirilebilmektedir.

3.3. Üretim Çevikliği ve Tedarik Zinciri Dayanıklılığı

Küresel tedarik zincirlerinde yaşanan kesintiler üretim sistemlerinin çevikliği ve dayanıklılığı konularını üretim yönetimi literatürünün önemli araştırma alanlarından biri hâline getirmiştir (Dubey vd., 2021: 4-6). Pandemi süreci, jeopolitik gelişmeler ve tedarik zinciri aksaklıkları üretim faaliyetlerinin yalnızca verimlilik odaklı yönetilmesinin yeterli olmadığını göstermiştir. Tedarik zinciri süreçlerinde ortaya çıkan belirsizlikler üretim sistemlerinin değişen koşullara hızlı uyum sağlayabilmesini gerektirmektedir (Queiroz vd., 2022: 1159).

Bu kapsamda e-lojistik uygulamalarının üretim çevikliği ve tedarik zinciri dayanıklılığı üzerindeki başlıca etkileri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- *Üretim çevikliğinin geliştirilmesi:* Üretim çevikliği değişen talep koşullarına ve tedarik zinciri aksaklıklarına hızlı uyum sağlayabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Çevik üretim sistemleri üretim planlarının hızlı biçimde yeniden düzenlenebilmesini, kaynakların esnek biçimde tahsis edilmesini ve üretim süreçlerinin değişen pazar koşullarına uyum sağlayabilmesini mümkün kılmaktadır. Tedarik zinciri aktörleri arasında kurulan güçlü bilgi akışı üretim çevikliğinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Christopher, 2016: 19-22).
- *Tedarik zinciri dayanıklılığının güçlendirilmesi:* Tedarik zinciri dayanıklılığı üretim ve lojistik sistemlerinin beklenmeyen kesintiler karşısında faaliyetlerini sürdürebilme ve kısa sürede toparlanabilme kapasitesi ile ilişkilendirilmektedir. Ancak tedarik zinciri süreçlerinde bilgi görünürlüğünün sınırlı olması üretim sistemlerinde belirsizliklerin artmasına ve planlama süreçlerinin zorlaşmasına yol açabilmektedir. Tedarik zinciri aktörleri arasında veri paylaşımının yetersiz olması üretim planlarının etkin biçimde oluşturulmasını güçleştirmektedir (Ivanov vd., 2016: 388-389).
- *Dijital veri görünürlüğünün artırılması:* Dijital teknolojilerin tedarik zinciri süreçlerine entegrasyonu üretim ve lojistik faaliyetlere ilişkin verilerin gerçek zamanlı olarak izlenebilmesine olanak tanımaktadır. Veri temelli izleme sistemleri tedarik zinciri süreçlerinde yaşanan aksaklıkların daha hızlı tespit edilmesini sağlamak ve üretim planlarının daha hızlı güncellenmesine yardımcı olmaktadır (Duran, 2022: 56-59). Bu durum operasyonel süreçlerde daha hızlı karar alınmasına ve üretim sistemlerinin değişen koşullara daha hızlı uyum sağlayabilmesine katkı sağlamaktadır (Wamba vd., 2017: 363-364).
- *Üretim ve lojistik süreçleri arasında dijital koordinasyonun geliştirilmesi:* Dijital lojistik sistemleri aracılığıyla gerçekleştirilen veri paylaşımı üretim ve lojistik süreçleri arasındaki koordinasyonu güçlendirmektedir. Tedarik zinciri boyunca paylaşılan dijital veriler üretim planlarının lojistik faaliyetlerle daha uyumlu biçimde yürütülmesine olanak tanımakta ve üretim sistemlerinin talep değişimlerine veya tedarik zinciri kesintilerine daha hızlı uyum sağlayabilmesine yardımcı olmaktadır (Gunasekaran vd., 2017: 356-358; Hofmann ve Rüşch, 2017: 25-27).

Genel bir değerlendirme yapıldığında e-lojistik uygulamalarının üretim ve lojistik süreçleri arasındaki bilgi akışını güçlendirerek üretim sistemlerinin

çevikliğini ve tedarik zinciri dayanıklılığını geliştirmeye katkı sağladığı görülmektedir. Dijital veri paylaşımının artması üretim planlama süreçlerinin lojistik faaliyetlerle daha uyumlu biçimde yürütülmesine olanak tanımakta ve üretim sistemlerinin değişen talep koşullarına daha hızlı uyum sağlayabilmesini desteklemektedir.

4. Tartışma ve Yönetimsel Çıkarımlar

Bu çalışma kapsamında geliştirilen kuramsal değerlendirmeler e-lojistik uygulamalarının üretim ve lojistik faaliyetleri arasındaki etkileşimi güçlendirebileceğini göstermektedir. Dijital lojistik altyapıları aracılığıyla gerçekleştirilen veri paylaşımı üretim planlama süreçleri ile lojistik operasyonlar arasında daha güçlü bir uyum kurulmasına katkı sağlayabilmektedir. Böyle bir veri temelli koordinasyon üretim sistemlerinde planlama hatalarının azaltılmasına ve operasyonel süreçlerin daha etkin biçimde yönetilmesine olanak tanımaktadır.

E-lojistik uygulamalarının üretim sistemleri üzerindeki etkileri yalnızca operasyonel süreçlerle sınırlı değildir. Dijital veri temelli planlama yaklaşımları üretim ve lojistik faaliyetlerinde kaynak kullanımının daha dengeli biçimde yönetilmesine katkı sağlayabilmektedir. Bunun yanında tedarik zinciri süreçlerinde bilgi görünürlüğünün artması üretim sistemlerinin değişen talep koşullarına daha hızlı uyum sağlayabilmesine olanak tanımakta ve üretim sistemlerinin esnekliğini güçlendirmektedir. Bu yönüyle e-lojistik uygulamaları yalnızca lojistik performansı artıran bir araç olarak değil aynı zamanda üretim sistemlerinin sürdürülebilirlik kapasitesini destekleyen stratejik bir dijital yetenek olarak değerlendirilebilir.

Yönetimsel açıdan değerlendirildiğinde işletmelerin dijital lojistik altyapılarını üretim planlama süreçleri ile entegre etmeleri tedarik zinciri faaliyetleri arasında daha güçlü bir koordinasyon oluşturabilir. Özellikle sipariş yönetimi sistemleri, taşıma yönetim sistemleri ve depo yönetim sistemlerinin üretim planlama faaliyetleri ile birlikte ele alınması üretim ve lojistik operasyonlarının daha uyumlu biçimde yönetilmesine katkı sağlayabilir.

5. Sonuç

Dijitalleşme ve sürdürülebilirlik günümüzde üretim sistemlerinin dönüşümünü şekillendiren iki önemli eğilim olarak öne çıkmaktadır. Artan çevresel baskılar, sınırlı doğal kaynaklar ve küresel rekabet koşulları işletmelerin üretim faaliyetlerini yalnızca verimlilik açısından değil aynı zamanda çevresel sorumluluk perspektifinden de yeniden değerlendirmelerini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda üretim sistemlerinin sürdürülebilirliği, üretim süreçlerinin yanı

sıra tedarik zinciri boyunca yürütülen lojistik faaliyetlerin yönetim biçimi ile de yakından ilişkilidir.

Bu çalışma e-lojistik uygulamalarını sürdürülebilir üretim perspektifinden ele alarak dijital lojistik entegrasyonunun üretim sistemleri üzerindeki rolünü kuramsal bir çerçevede incelemiştir. Literatürde e-lojistik araştırmalarının çoğunlukla operasyonel performans ve tedarik zinciri etkinliği üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Buna karşılık e-lojistik yeteneklerinin sürdürülebilir üretim performansı ile ilişkisini bütüncül biçimde ele alan çalışmalar sınırlı kalmaktadır. Bu çalışma dijital lojistik entegrasyonunun üretim ve lojistik faaliyetleri arasındaki etkileşimi güçlendirebileceğini ve sürdürülebilir üretim kapasitesinin geliştirilmesine katkı sağlayabileceğini göstererek literatürde genellikle ayrı ele alınan e-lojistik ve sürdürülebilir üretim araştırmaları arasında kavramsal bir ilişki kurulmasına katkı sunmaktadır.

Gelecekte gerçekleştirilecek ampirik araştırmaların e-lojistik yetenekleri ile sürdürülebilir üretim performansı arasındaki ilişkileri nicel yöntemler aracılığıyla incelemesi literatür açısından önemli katkılar sağlayabilir. Özellikle farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerde dijital lojistik uygulamalarının üretim performansı ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı biçimde analiz edilmesi araştırma alanının gelişimine katkı sağlayacaktır.

6. Kaynakça

- Bayles, D. L., Bhatia, H. (2000). *E-Commerce Logistics & Fulfillment: Delivering the Goods*. Prentice Hall PTR.
- Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J., Seuring, S. (2014). Quantitative Models for Sustainable Supply Chain Management: Developments and directions. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 299-312.
- Carter, C. R., Rogers, D. S. (2008). A Framework of Sustainable Supply Chain Management: Moving Toward New Theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 360-387.
- Shashi, Centobelli, P., Cerchione, R., Ertz, M. (2020). Managing Supply Chain Resilience to Pursue Business and Environmental Strategies. *Business Strategy and the Environment*, 29(3), 1215-1246.
- Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management* (5th ed.). Pearson Education.
- Derse, O. (2022). Detection of Sustainable Logistics Sub-Components and, Determination of Impact Levels of Sustainable Logistics Components with Dematel Method. *Toros Üniversitesi İİSBF Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: IX (Special Issue 2nd International Symposium of Sustainable Logistics “Circular Economy”), s. 18-25.
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Bryde, D., Dwivedi, Y. K., Papadopoulos, T. (2021). Big Data Analytics and Artificial Intelligence Pathway to Operational Performance Under the Effects of Entrepreneurial Orientation and Environmental Dynamism. *Annals of Operations Research*, 304, 1-26.
- Duran, G. (2022). *Lojistik Sektörü ve E-Lojistik Uygulamalarının Rekabet Gücü Yönüyle Değerlendirilmesi: Antalya Serbest Bölgesi İşletmeleri Örneği*, (Basılmamış Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Capstone Publishing.
- Evangelista, P. (2014). Environmental Sustainability Practices in the Transport and Logistics Service Industry: An Exploratory Case Study Investigation. *Research in Transportation Business & Management*, 12, 63-72.
- Grant, D. B., Wong, C. Y., Trautrim, A. (2017). *Sustainable Logistics and Supply Chain Management: Principles and Practices for Sustainable Operations and Management*. Kogan Page Publishers.
- Grzybowska, K., Awasthi, A., Sawhney, R. (2019). *Sustainable Logistics and Production in Industry 4.0*. Springer Nature: Cham, Switzerland.
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., Papadopoulos, T. (2017). Information Technology for Competitive Advantage Within Logistics and Supply Chains: A

- review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 99, 14-33.
- Hofmann, E., Rüsç, M. (2017). Industry 4.0 And the Current Status as well as Future Prospects on Logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34.
- Huang, A. (2017). A Framework and Metrics for Sustainable Manufacturing Performance Evaluation at the Production Line, Plant and Enterprise Levels.
- Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., Werner, F., Ivanova, M. (2016). A Dynamic Model and an Algorithm for Short-Term Supply Chain Scheduling in the Smart Factory Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 54(2), 386-402.
- Jayal, A. D., Badurdeen, F., Dillon Jr, O. W., Jawahir, I. S. (2010). Sustainable Manufacturing: Modeling And Optimization Challenges at the Product, Process and System Levels. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2(3), 144-152.
- Joong-Kun Cho, J., Ozment, J., Sink, H. (2008). Logistics Capability, Logistics Outsourcing and Firm Performance in an E-Commerce Market. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 336-359.
- Karagöz, B. (2012). *E-Lojistik Uygulamaları*, Bursa: Ekin Yayınevi.
- Kleindorfer, P. R., Singhal, K., Van Wassenhove, L. N. (2005). Sustainable Operations Management. *Production and Operations Management*, 14(4), 482-492.
- Kumar, K. M. (2022). The Influence of Sustainable Logistic Practices and Supplier Support on Logistics Transport Performance: An Empirical Review on Malaysian Logistics Service Providers. *Journal of Entrepreneurship, Business and Economics*, 10(1), 141-177.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- Marchet, G., Perego, A., Perotti, S. (2009). An Exploratory Study of ICT Adoption in the Logistics Industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(9), 785-812.
- Marujo, L. G., de Abreu, V. H. S., da Costa, M. G., Rodrigues, L. M., D'Agosto, M. D. A. (2023). Best Practices to Support the Transition towards Sustainable Logistics from the Perspective of Brazilian Carriers. *Sustainability*, Cilt: XV/18-13434, s. 1-12.
- McKinnon, A. (2015). *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics* (3rd ed.). Kogan Page.
- Nguyen, H. O. (2013). Critical Factors in E-Business Adoption: Evidence from Australian Transport and Logistics Companies. *International Journal of Production Economics*, 146(1), 300-312.

- Queiroz, M. M., Ivanov, D., Dolgui, A., Fosso Wamba, S. (2022). Impacts of Epidemic Outbreaks on Supply Chains: Mapping A Research Agenda Amid the COVID-19 Pandemic Through a Structured Literature Review. *Annals of Operations Research*, 319(1), 1159-1196.
- Sarkis, J. (2001). Manufacturing's Role in Corporate Environmental Sustainability. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(5-6), 666-686.
- Seuring, S., Müller, M. (2008). From A Literature Review to a Conceptual Framework for Sustainable Supply Chain Management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710.
- Srivastava, S. K. (2007). Green Supply-Chain Management: A State-of-the-Art Literature Review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53-80.
- Stock, T., Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541.
- Tekin, E. (2014). *E-Lojistik ve İlaç Dağıtımında E-Lojistik Uygulamaları*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Topal, Y. K., (2013). *Lojistik Yönetiminde E-Lojistik Kullanımının Önemi, Değişen Pazar Şartlarında E-Lojistik Kullanan İşletmeler Üzerine Bir İnceleme*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Deniz Harp Okulu, Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, İstanbul.
- Türkmen, M. A., Sarıcan, M. A. (2016). E-Lojistikte Kritik Faktörlerin Belirlenmesi: Türkiye'deki E-Lojistik Uygulamaları. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (26), 278-298.
- Waller, M. A., Fawcett, S. E. (2013). Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution That Will Transform Supply Chain Design and Management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77-84.
- Wamba, S. E., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J. F., Dubey, R., Childe, S. J. (2017). Big Data Analytics and Firm Performance: Effects of Dynamic Capabilities. *Journal of Business Research*, 70, 356-365.
- Wichaisri, S., Sopadang, A. (2013). Sustainable Logistics System: A Framework and Case Study. In 2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (s. 1017-1021). IEEE.
- Wichaisri, S., Sopadang, A. (2018). Trends and Future Directions in Sustainable Development. *Sustainable Development*, 26(1), 1-17.

